



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2001年11月15日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2001-349532

[ ST.10/C ]:

[ JP2001-349532 ]

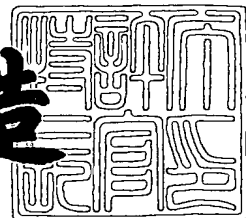
出 願 人  
Applicant(s):

大阪大学長

2002年 2月22日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3009402

【書類名】 特許願

【整理番号】 U2001P139

【提出日】 平成13年11月15日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 C12N 15/00

【発明の名称】 細胞の加工方法

【請求項の数】 15

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府豊中市上野坂1-10-22

    【氏名】 小林 昭雄

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区晴明通2番21 タウンハウス晴明3A

    【氏名】 福井 希一

---

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府高槻市上土室3-29-2

    【氏名】 原島 俊

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府吹田市佐竹台4-4-2

    【氏名】 福崎 英一郎

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府高槻市日吉台四番町19-12

    【氏名】 梶山 慎一郎

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府茨木市下中条町1-4 清風荘12号

    【氏名】 奥田 伸哉

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市淀川区宮原1-19-23-1108

    【氏名】 庄司 猛

【特許出願人】

【識別番号】 391016945

【氏名又は名称】 大阪大学長 岸本 忠三

【代理人】

【識別番号】 100072051

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】 100059258

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 暁秀

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 8522

【出願日】 平成13年 1月17日

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709713

【書類名】 明細書

【発明の名称】 細胞の加工方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 細胞あるいは生組織に光ファイバーを介してレーザー光を照射し、照射された細胞の、細胞壁及び/又は細胞膜あるいは細胞全体を、切断、除去又は開孔することを特徴とする細胞の加工方法。

【請求項 2】 前記レーザー光の波長が500nm以下である請求項1記載の方法。

【請求項 3】 前記レーザー光の照射を、反射集光により行うことを特徴とする請求項 1 ～ 2 項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 4】 前記反射集光を、石英ガラスチップを介して行うことを特徴とする請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】 当該石英ガラスチップの表面を金属コーティングしたことを特徴とする請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】 コーティングする金属が、アルミニウム、白金、金、パラジウムおよび/またはこれらの酸化物からなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする請求項 5 項記載の方法。

【請求項 7】 レーザーが、YAGレーザー、エキシマレーザー、Arイオンレーザー、窒素レーザー、窒素励起レーザーからなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする請求項1～6項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 8】 前記レーザー光を照射後、該照射部位を介して前記細胞及び/又は生組織内へ外来物質を導入することを特徴とする請求項1～7項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 9】 外来物質が、遺伝物質、タンパク質、オルガネラ、生理活性物質、指示薬からなる群から選択される少なくとも1種である請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】 遺伝物質が、DNA、RNA、オリゴヌクレオチド、プラスミド、染色体、人工染色体、オルガネラDNA、核酸アナログからなる群から選択される少なくとも1種である請求項 9 記載の方法。

【請求項 11】 光ファイバーが中空である請求項 1 ～ 10 項のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 1 2】 前記中空内を不活性ガスを充填して行なう請求項 1-1 記載の方法。

【請求項 1 3】 不活性ガスが、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガスからなる群から選択される少なくとも 1 種である請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 4】 前記中空の表面を金属コーティングした請求項 1 1 ~ 1 3 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 5】 請求項 1 0 記載の方法を用いて細胞内へ遺伝物質を導入した、形質転換体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業の利用分野】

本発明は、細胞および、生組織の加工方法に関し、特に光ファイバーを介したレーザー光照射により細胞及び/または生組織を加工する生体試料加工法に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

従来のレーザー光を用いた生体の加工方法としては、例えば、医療用のレーザーメスや、顕微鏡の対物レンズを通して染色体などの試料にレーザー照射を行い、照射部を切断するレーザーマイクロディセクション法などの方法が知られている。また、レーザーを用いた遺伝子等の外来物質を細胞に導入する方法としては、特公昭 6 2 - 7 8 3 7 のごとき方法が知られている。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

近年、バイオテクノロジーの進歩に伴い、特定組織の特定細胞をターゲットとした、細胞微細加工への要望が高まってきている。たとえば、植物の場合には、茎頂組織や、根端組織等の分裂組織中の細胞に、外来物質導入用の細孔をあけ、そこより外来物質を細胞内へ直接導入することにより、脱分化・再分化を経ないダイレクトな形質転換体の作製等も考えられ、脱分化、再分化系が確立されていない多くの有用植物の分子育種が期待される。また、このような細胞加工が可能

となれば、遺伝子のみならず、葉緑体、核、染色体、ミトコンドリアなどのオルガネラ、生理活性物質や指示薬、あるいは機能性タンパク質といった遺伝子以外の外来物質の細胞への導入も可能となり、疾病の診断や治療、各種耐性を付与した農作物の分子育種、家畜を含む有用生物の生産等が可能となる。

#### 【0004】

このような観点からすると、従来のレーザー生体加工法のうち、レーザーメス法は、出力が大きい反面、熱損傷が大きく細胞に与えるダメージが大きいため、細胞壁及び/または細胞膜の除去といった1細胞レベルでの微細加工はできないという問題点を有する。また、レーザーマイクロディセクション法は、1細胞レベルでの加工が可能であるが、顕微鏡下対物レンズを通してレーザー照射を行うため、切片を作製するなど、照射に際して、試料の前処理を必要とし、茎頂の分裂組織など複雑な3次元形状を有する植物体そのものに、レーザーを照射して、外来物質の導入を行うための加工を施すことはできないという問題点を有する。さらに、レーザーを用いない外来物質導入法としては、マイクロインジェクション法、リポソーム融合法、エレクトロポレーション法などがあるが、エレクトロポレーション法と、リポソーム融合法は、植物細胞に適応する場合、プロトプラスト化する必要があるため、特定の組織の特定の1細胞に外来物質を導入することは困難であるという問題点を有する。マイクロインジェクション法は、動物細胞よりも堅固な細胞壁を有する植物細胞について操作をするには熟練を要求され困難を極めるという問題点を有している。

#### 【0005】

したがって、操作が容易で、生物種を選ばず、汎用性を有し、さらには、複雑な3次元形状を有する生体組織の特定の部位あるいは細胞に外来物質を導入させるための微細加工をすることができる方法の開発が望まれていた。しかしながら、このような細胞の加工方法は、これまで知られていない。

#### 【0006】

そこで、本発明の目的は、レーザー光の持つ高い加工特性、及び光ファイバーの特性を利用して、細胞を加工する方法を提供するものである。

#### 【0007】

## 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記課題を解決するために研究した結果、レーザー光の持つ高い加工特性、及び光ファイバーの特性を利用して、細胞、特に複雑な3次元的形状を有する組織の適切な位置に加工を施すことができることを見出し、本発明を達成するに至った。

## 【0008】

即ち、本発明の細胞の加工方法は、細胞に光ファイバーを介してレーザー光を照射し、該細胞または生組織の細胞壁及び/又は細胞膜を、切断、除去又は開孔することを特徴とする。

## 【0009】

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、前記レーザー光の波長が500nm以下であることを特徴とする。

## 【0010】

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、前記レーザー光の照射を、反射集光により行うことを特徴とする。

## 【0011】

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、前記反射集光を、石英ガラスチップを介して行うことを特徴とする。

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、当該石英ガラスチップの表面を金属コーティングしたことを特徴とする。

## 【0012】

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、コーティングする金属がアルミニウム、白金、金、パラジウムおよび/またはこれらの酸化物からなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする。

## 【0013】

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、レーザーが、YAGレーザー、エキシマレーザー、Arイオンレーザー、窒素レーザー、窒素励起レーザーからなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする。

## 【0014】

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、前記レーザー光を照射後、前記細胞の細胞膜及び／又は細胞壁の一部に穿孔を設け、前記細胞内へ前記穿孔から外来物質を導入することを特徴とする。

【0015】

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、外来物質が、遺伝物質、タンパク質、オルガネラ、生理活性物質、指示薬からなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする。

【0016】

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、遺伝物質が、DNA、RNA、オリゴヌクレオチド、プラスミド、染色体、人工染色体、オルガネラDNA、核酸アナログからなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする。

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、光ファイバーが中空であることを特徴とする

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、中空内を不活性ガスを充填して行なうことを特徴とする。

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、不活性ガスが、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガスからなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする。

本発明の細胞の加工方法の好ましい実施態様において、前記中空内を金属コーティングしたことを特徴とする。

【0017】

本発明の形質転換体は、請求項9記載の方法を用いて細胞内へ遺伝物質を導入して得たことを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】

本発明の細胞の加工方法によれば、細胞に光ファイバーを介してレーザー光を照射し、前記細胞の細胞壁及び／又は細胞膜を、切断、除去又は開孔する。なお、本発明の対象となる細胞としては、動物細胞、植物細胞、微生物等を挙げることができ、特に限定されない。

## 【 0 0 1 9 】

本発明においては、光ファイバーを用いる。本発明において、光ファイバーを用いる理由は、光ファイバーによってレーザー光の照射方向、集光性、照射角度等を容易に制御することができるからである。光ファイバーとは、可視光又は近赤外の光を伝送することを目的とする誘電体線路を意味し、特に限定されず、後述するように、合成石英ファイバー、中空ファイバー等を含む広い概念である。

## 【 0 0 2 0 】

本発明に適用できる光ファイバーとしては、特に限定されないが、紫外域レーザーの透過率が高いものが好ましい。レーザーの波長により光ファイバーの透過率が異なるので、所定の波長を有するレーザー光に対応して、透過率の高いものが好ましい。透過率の高いものとしたのは、レーザーのエネルギーを低下させないようにするためである。

## 【 0 0 2 1 】

また、光ファイバーのコア材料としては、①レーザー光を効率よく透過するような透過率を持つ材料であること、②導入するレーザー光のエネルギーにより破壊されない強度を持つこと、が必要とされる。

## 【 0 0 2 2 】

光ファイバーの透過率は、用いるレーザーの波長によって異なる。レーザーの波長が500nm以下の場合には、好ましい透過率は、1メートル当たり、10～60%である。更に好ましくは、1メートル当たり30～60%である。光ファイバーの透過率をあげるには、石英中に水酸基を導入し、石英中の水酸基量を増加させることにより行うことができる。このように水酸基の量を調節することにより、所望の透過率に設定することができる。

## 【 0 0 2 3 】

また、光ファイバーの形状は、中空であっても良い。中空の形状は不活性ガスを流すことが可能であれば、特に限定されない。中空の光ファイバーとしては、例えば、フューズドシリカ中空ファイバー等を挙げることができる。

## 【 0 0 2 4 】

本発明の好ましい実施態様において、中空内を不活性ガスを充填する。これは

、不活性ガスを光ファイバー内に充填(置換)することによって、光ファイバーから放出されるエネルギー密度を大気下のものより一層向上させることができるからである。

#### 【0025】

このような不活性ガスとしては特に限定されないが、たとえば、アルゴンガス、窒素ガス、ヘリウムガスなどを挙げることができる。これらのうちの少なくとも1種を使用することができる。安価で入手が容易であり、また、レーザーの透過率をより高めることが可能であるという観点から、不活性ガスとしては、窒素ガスが好ましい。

#### 【0026】

さらに、前記中空内を金属コーティングしても良い。コーティングする金属としては、特に限定されないが、アルミニウム、白金、金、パラジウムおよび/またはこれらの酸化物からなる群から選択される少なくとも1種を挙げることができる。エキシマレーザーの反射効率が良好であるという観点から、金属としては、アルミニウムである。なお、ファイバ内部をアルミニウムによりコーティング処理を施すことにより、193nmのエキシマレーザー光を効率よく透過させることが可能となる。193nmの波長は、その他の波長に比べて植物細胞壁の加工状態が良好である。したがって、好ましくは当該波長のレーザーを使用する。また、あまりに短い波長では、真空紫外レーザーになる傾向があり、取り扱いが困難となる。一方、200nmを超えると熱でレーザー照射部位を加工する結果となり、加工部分があまりきれいでなくなる傾向がある。

#### 【0027】

レーザーの波長が500nmを超える場合、好ましい透過率は、1メートル当たり、70～90%である。

本発明に用いるレーザーは、特に限定されない。レーザーは、極めて集光性に優れ、しかもレーザービームスポット以外の部分へは、熱影響がほとんど無いという点で優れている。レーザーとしては、例えば、YAGレーザー、エキシマレーザー、Arイオンレーザー、窒素レーザー、窒素励起レーザー等を挙げることができる。加工細胞の熱損傷が特に少なく、加工精度が優れ、照射エネルギー及び

照射回数によって加工深度を容易に制御することができるという観点から、好ましくは、エキシマレーザーである。

## 【0028】

細胞へのレーザーの照射条件については、細胞の種類によって適宜変更することができる。

レーザースポット径としては、例えば、 $0.5\sim 100\mu\text{m}$ の範囲である。好ましくは、 $2\sim 10\mu\text{m}$ の範囲である。かかる範囲としたのは、照射後の外来物質を照射するのに十分な大きさであり、かつ、細胞へのダメージが少ないからである。

## 【0029】

レーザーのエネルギー密度についても特に限定されないが、 $1\sim 100\text{mJ}/\text{cm}^2$ の範囲である。好ましくは、 $30\sim 80\text{mJ}/\text{cm}^2$ の範囲である。かかる範囲としたのは、 $1\text{mJ}/\text{cm}^2$ 未満では、細胞壁が十分加工できない場合があり、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ を超えると、レーザーが細胞膜を貫通し、細胞へのダメージが大きいためである。

## 【0030】

また、特に一度の照射で完全に細胞壁を取り除く場合には、上記エネルギー密度よりも高い範囲で行なうことができる。このような場合の好適な範囲は、 $500\sim 700\text{mJ}/\text{cm}^2$ である。細胞壁を一度に取り除く場合にかかる範囲としたのは、 $500\text{mJ}/\text{cm}^2$ 未満であると、細胞壁の確実な貫通は不可能である一方、 $700\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上の場合には、細胞壁を貫通させることが可能であるが、その後の細胞の生存率が低下するからである。

## 【0031】

レーザーの出力としては、 $1\sim 1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ の範囲である。好ましくは、 $10\sim 100\text{mJ}/\text{cm}^2$ の範囲である。

## 【0032】

レーザー光の照射によって、得られる穿孔の大きさは、導入する外来物質の大きさにもより特に限定されない。例えば、穿孔の大きさは、 $1\sim 1000\mu\text{m}^2$ 程度である。オルガネラなどを比較的大きい物体を導入する場合には、 $100\sim 1000\mu\text{m}^2$ 程度である。遺伝物質など比較的小さい物質を導入する場合には、 $1\sim 100\mu\text{m}^2$ 程度である。

## 【 0 0 3 3 】

また、レーザーの波長に関して、加工精度を高めること、及び細胞になるべくダメージを与えないこと等を考慮すると、短い波長のレーザーを使用することが好ましい。例えば、500nm以下のものが好ましい。

## 【 0 0 3 4 】

上述の条件で、レーザー光を照射し、細胞の細胞膜及び／又は細胞壁の一部に穿孔を設け、前記細胞内へ前記穿孔から外来物質を導入することができる。また、細胞の細胞膜及び／又は細胞壁の一部又は全部を、切断又は除去することにより、細胞をプロトプラスト化又はスフェロプラスト化することができる。本発明においては、光ファイバーを介してレーザー光を照射するので、複雑な組織中にある特定細胞のみ、プロトプラスト化等することもでき、かかる細胞のみを形質転換させることも可能である。

## 【 0 0 3 5 】

レーザー光を、光ファイバーに直接導入しても良いが、より集光性を高めるために、レーザー光を、一旦レンズにより集光した後、光ファイバーに導入しても良い。

## 【 0 0 3 6 】

また、本発明においては、レーザー光の照射を、反射集光により行うことができる。光ファイバーを介してレーザー光を照射する場合には、エネルギー密度が低くなる。このため反射集光を用いてエネルギー密度を向上させることができる。エネルギー密度を収束させるには、ガラスチップ、石英チップなどをファイバーの先端に設ける事により達成することができる。また、エネルギー密度を効率よく収束させるには、該ガラスチップ、石英チップの表面をアルミニウム、金、白金、パラジウム等の金属および/またはこれらの酸化物によりコーティングする事により達成することができる。

## 【 0 0 3 7 】

上述のように本発明の外来物質の導入方法は、他種または同種生物の核や染色体等のオルガネラ、あるいは人工的に作製した染色体等の巨大DNAを導入することが可能である。従って、これまで困難であった多重遺伝子の一括導入が可能

であり、例えば、有用生理活性物質の生合成に関与する遺伝子群を一括して導入することにより、生育の早い生物で、有用生理活性物質を効率的に生産することなどが可能となる。

## 【 0 0 3 8 】

また上述のように本発明の外来物質の導入方法は、植物ホルモンを植物に導入することができる。したがって、導入部付近の組織の成長を制御したい場合、本発明の外来物質の導入方法により、インドール酢酸、ナルタレン酢酸などのオーキシシン、ゼアチン、カイネチンなどのサイトカイニン、アブシジン酸、ジベレリン、ペプチド性ホルモンなどを、植物細胞に導入すれば、植物特定部位の成長を制御することができる。

## 【 0 0 3 9 】

同様に、ファイトアレキシンなどの抗菌性物質、より具体的には、ピサチン、ファゼオリン、メジカルピン、リシチン、リシチノールなどを導入することで病原菌に感染しやすい組織の病害耐性を向上させることができる。また、ファイトケラチン、グルタチオンなどの活性酸素除去剤を加えることで葉などの受光組織でのUVや光、根部での重金属などのストレスに対する耐性を向上させることもできる。

## 【 0 0 4 0 】

## 【実施例】

以下、本発明を実施例により更に具体的に説明するが、本発明は、下記実施例に限定されて解釈される意図ではない。

## 実施例 1

## 【 0 0 4 1 】

## 石英キャピラリーの作製

SUTTER INSTRUMENT COMPANY (S.I.C) 社の石英カラス管Q100-70-10をS.I.C社のP-2000 laser powered quartz micropipette puller を用いてキャピラリーを作製した。

## 【 0 0 4 2 】

## 石英キャピラリーのアルミニウム蒸着

①で作製した石英キャピラリーに対して、蒸着源にアルミニウム（ニラコ社製、純度99.999%）を用いて、真空蒸着装置（真空機構株式会社製）により、表面にアルミニウム蒸着を施した。アルミニウムの蒸着の厚さは、約200nmに調製した。石英キャピラリーは、完全に蒸着されるように120度ずつ、3回に分けて蒸着操作を行った。

【0043】

特殊石英ファイバーへの193nmレーザー光導入

通常の石英ファイバーに水酸基をドープした特殊石英ファイバーに193nmのレーザー光を導入した。直径200 $\mu$ mのファイバーの出口におけるレーザーエネルギー密度を測定したところ、2 $\mu$ Jであった。

【0044】

②で作製したアルミニウム蒸着石英キャピラリーによるレーザー光の集光

③の特殊石英ファイバーの出口に②のアルミニウム蒸着石英キャピラリーを装着した。キャピラリーの先端から放出されるレーザーエネルギーは、25nJであった。

図1は、アルミ蒸着石英キャピラリーの概念図を示す。

【0045】

②のアルミニウムを蒸着した石英キャピラリーを装着した特殊石英ファ

イバーをエッペンドルフ社製3次元マニピュレーターに取り付け、レーザー照射部位を3次元空間を自由に移動できるようにした。図2は、フレキシブルファイバー照射系の概略図を示す。

【0046】

タマネギ表皮細胞のレーザー照射による加工

2日間水耕栽培したタマネギから表皮細胞を剥ぎ取り、MS寒天培地上に置床した。加工したい標的細胞を顕微鏡下で選び、エッペンドルフ社製の3次元マイクロマニピュレーターに取り付けたレーザー照射部位を標的細胞に接触させ、60秒間、10Hzでレーザーを照射した。その結果、標的細胞の細胞壁を取り除いた。照射後の細胞壁の加工形状を顕微鏡により観察し、細胞壁が効率的に除去されていること、他の組織にダメージを与えていないことを確認した。図3は、レーザー照射により加工されたタマネギ表皮の形状を示す図である。さらに、照射後の細胞

を24時間培養した後、MTTを用いた生死判定により、照射細胞が生存していることを確認した。

【0047】

#### 実施例2

次に、中空ファイバーとして、フューズドシリカ製中空ファイバを用いて試験を行なった。

エキシマレーザ光の自由な取り回しを可能にするためにフューズドシリカ製の中空ファイバを採用した。レーザ発振装置としては、浜松ホトニクス社製のIC基盤加工装置 L5912 をベース機器として用いた。L5912 のレーザ光路上にミラーを設置し、レーザ光路を90度折り返し、集光レンズを通過させて集光させたレーザ光をフューズドシリカ製中空ファイバ内へ導入した。用いたフューズドシリカ製中空ファイバは、ファイバ内をアルミニウムでコーティングすることによりエキシマレーザ光を効率よく反射させることに成功した。さらに、フューズドシリカ中空ファイバ内を窒素ガスで置換することにより、フューズドシリカ中空ファイバから放出されるレーザエネルギー強度が、25%程度向上した。

【0048】

さらに、レーザエネルギー強度とファイバーの曲角度との関係を調べるために、不活性ガスをファイバー内に充填した場合のエネルギー向上の様子を調べた。

【0049】

エキシマレーザを中空ファイバーへ導入した後、中空ファイバーを曲げる角度によりその先端から出るエキシマレーザの強度をパワーメーターにより測定した。ファイバーを曲げる角度と測定地点のおおまかな図は図4の通りである。エキシマレーザの本体側からの出力は、第1アッテネーターを設定値(15)にして、第2アッテネーターは、透過率が100%になるようにした。エキシマレーザは大気中を通過させるとレーザエネルギーがオゾンの発生に消費されてエネルギーの減少を引き起こすので、中空ファイバー中の大気を窒素ガスで置換し、エネルギーの減少が $N_2$ ガスの置換の有無でどの程度の影響が表れるかを同時に検討した。なお、ファイバーの高さはできるだけかえないようにし、10秒に一回パワーメーターの値を記録した。結果を表1に示した。

【0050】

【表1】

	窒素ガスなし	窒素ガスあり	エネルギー上昇 (%)
A(曲角度 90°)	3.92	6.97	17.7%
B(曲角度 180°)	2.47	5.23	21.1%
C(曲角度 270°)	1.67	3.25	19.4%

単位：μJ

【0051】

フューズドシリカファイバは、約270 度このフューズドシリカ製中空ファイバの先端部に石英ガラスチップを装着し、フューズドシリカ製中空ファイバから放出されるレーザ光を集光させることにした。このとき用いる石英ガラスチップは、水平式のキャピラリー作製装置（SUTTER INSTRUMENT Co. model P-2000）で作製し、先端径を 1 μm 程度に加工した。作製した石英ガラスチップは、真空蒸着装置を使用して、外側表面にアルミニウムを蒸着した。蒸着は、石英ガラスチップを真空蒸着装置内で回転させながら行った。回転させながら蒸着することで、石英ガラスチップ表面を均一にアルミニウムで覆うことができた。蒸着したアルミニウムの厚み（膜厚）は、約 200～300 nm であった。蒸着膜厚が、薄いと、エキシマレーザ光の反射効率が低下し、石英ガラスチップ先端部から放出されるレーザエネルギー強度が減少するため、十分な厚みが必要である。このファイバ式レーザ照射部を3次元駆動マニピュレーター（eppendprf 5171）を操作してタマネギ表皮細胞にチップの先端を接触させた。この状態でレーザ照射を行い、タマネギ表皮細胞上に直径 2 μm のレーザ加工細孔を観察した。

【0052】

図5にファイバー加工の様子を示す。図5（a）は、レーザー加工前のタマネギ表皮細胞の明視野観察画を示す。図5（b）は、レーザー加工中の明視野観察画像であり、中空ファイバ式レーザ照射部を用いて加工しているところを示す。図5（c）は、レーザー加工後の明視野観察画像であり、加工部の様子を示す。

この加工細孔から細胞内部へマイクロインジェクション法によりプラスミド DNA 溶液を導入を試みた。導入後、タマネギ表皮細胞を24時間培養し、蛍光顕

微鏡を用いて導入遺伝子の一過性発現を観察した。

【0053】

具体的には、外来物質に用いる遺伝情報物質として、カリフラワーモザイクウイルスの35Sプロモーターの下流にオワンクラゲの蛍光緑色発光タンパク質をコードする遺伝子（Green Fluorescence Protein (GFP)）を連結させたキメラ遺伝子を用いた。このキメラ遺伝子は、植物細胞内に導入、遺伝子発現させる、結果として緑色の蛍光を発するタンパク質が産生される。このキメラ遺伝子を有するプラスミドDNAを用いて発光を観察して発現できたが否かを判断した。蛍光の観察には、オリンパス社製の正立型蛍光顕微鏡（BX-50）を用いた。具体的にこの顕微鏡を用いて、明視野像と蛍光像を観察した。蛍光観察に用いた蛍光フィルターは、（U-MWIB2,U-MWIBA2,U-MNIBA2）であった。

【0054】

【発明の効果】

本発明の細胞の加工方法によれば、物質導入及び遺伝子導入による形質転換植物の作出において、特定の細胞あるいは細胞群を標的として用いることができるという有利な効果を奏する。

【0055】

本発明の細胞の加工方法によれば、レーザー照射加工する標的植物種及び/または、標的組織が限定されないことから、汎用性が高いという有利な効果を奏する。

【0056】

本発明の細胞の加工方法によれば、光ファイバーによって、照射角度を制御することができるので、細胞の適切な位置において、生体膜の切断、除去、又は開孔を行うことができるという有利な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 アルミ蒸着石英キャピラリーの概略図である。

【図2】 フレキシブルファイバー照射系の概略図である。

【図3】 レーザ照射により加工されたタマネギ表皮の形状を示す図である。

【図4】 ファイバーを曲げる角度と特定地点との関係を示す図である。

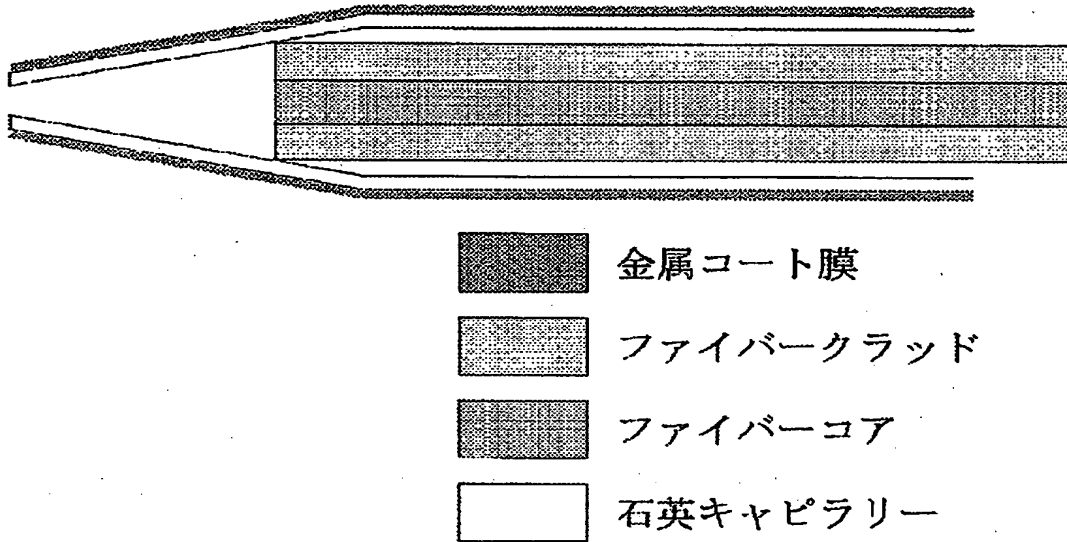
【図5 a】 図5 aは、レーザー加工前のタマネギ表皮細胞の明視野観察面を示す。

【図5 b】 図5 bは、レーザー加工中の明視野観察画像を示す。

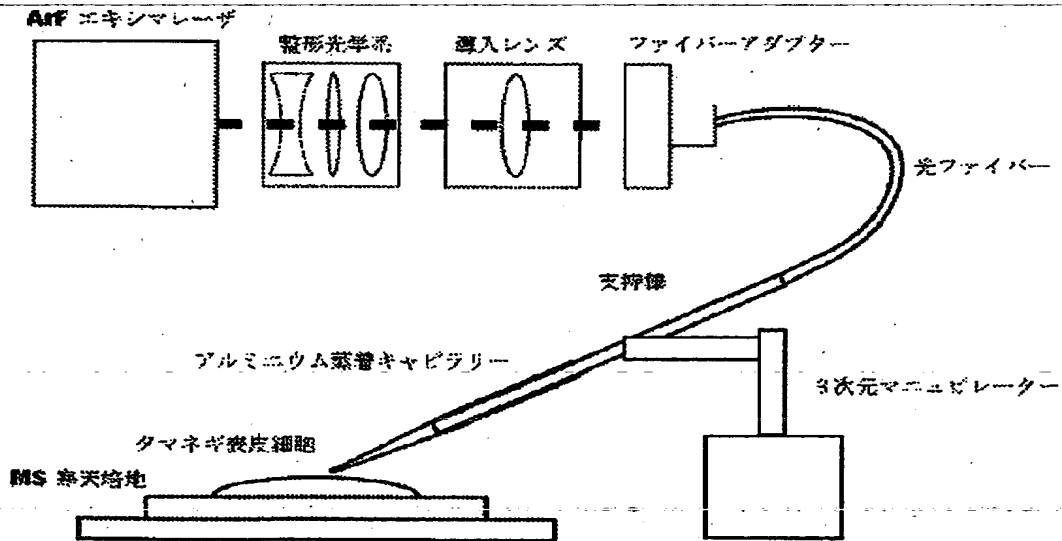
【図5 c】 図5 cは、レーザー加工後の明視野観察画像を示す。

【書類名】 図面

【図1】



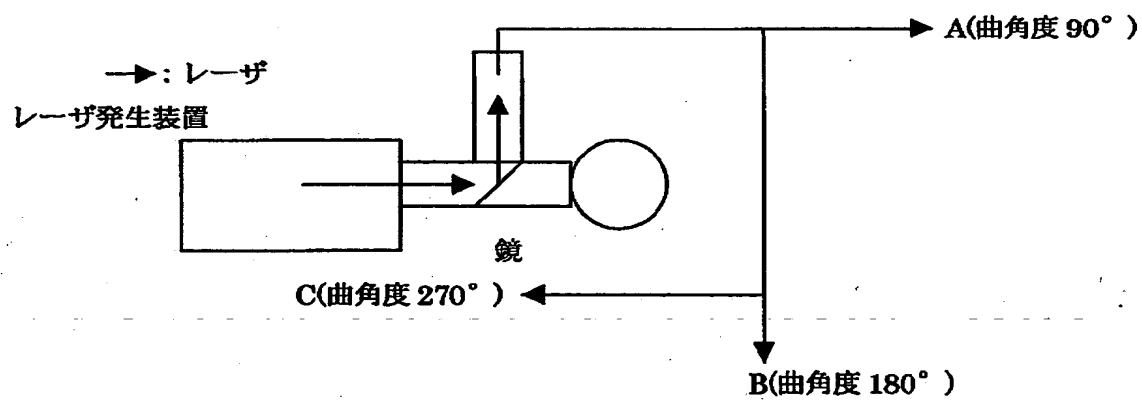
【図2】



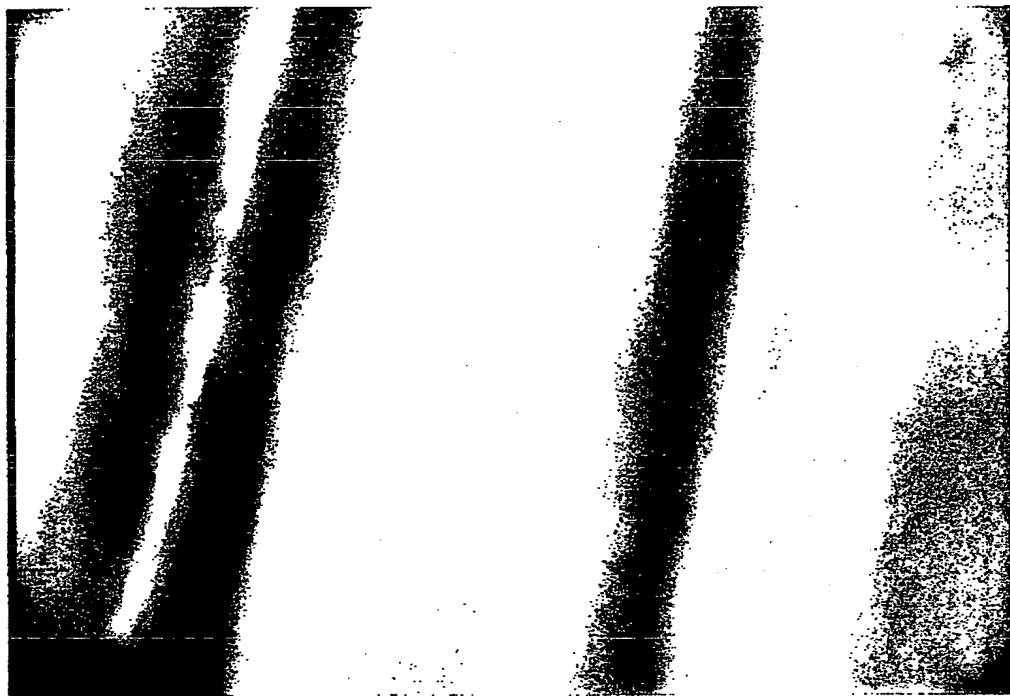
【図3】



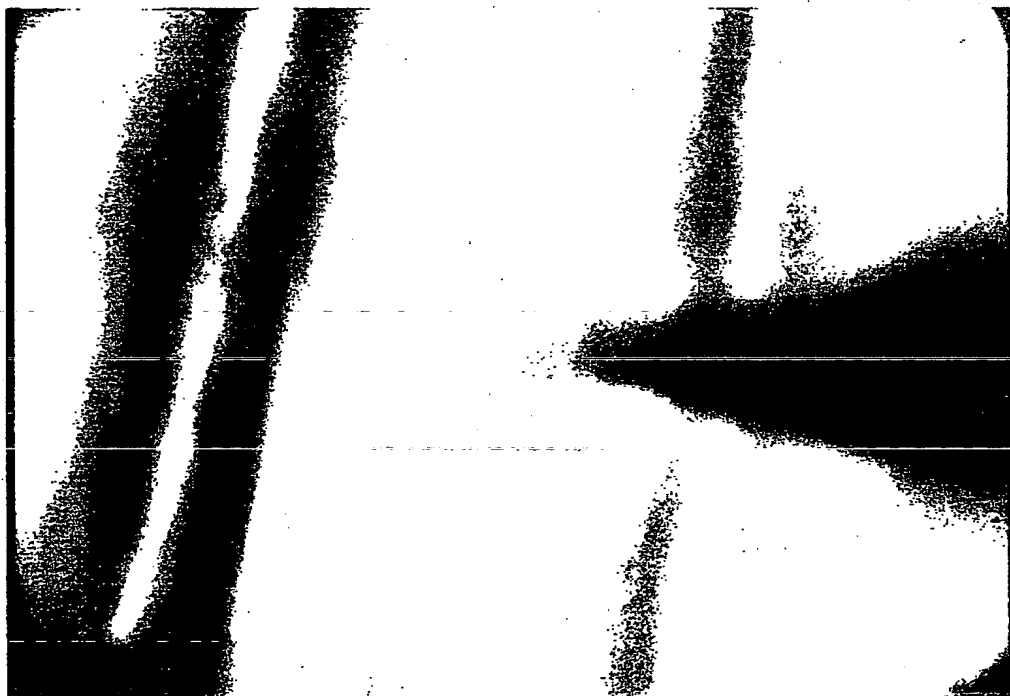
【図4】



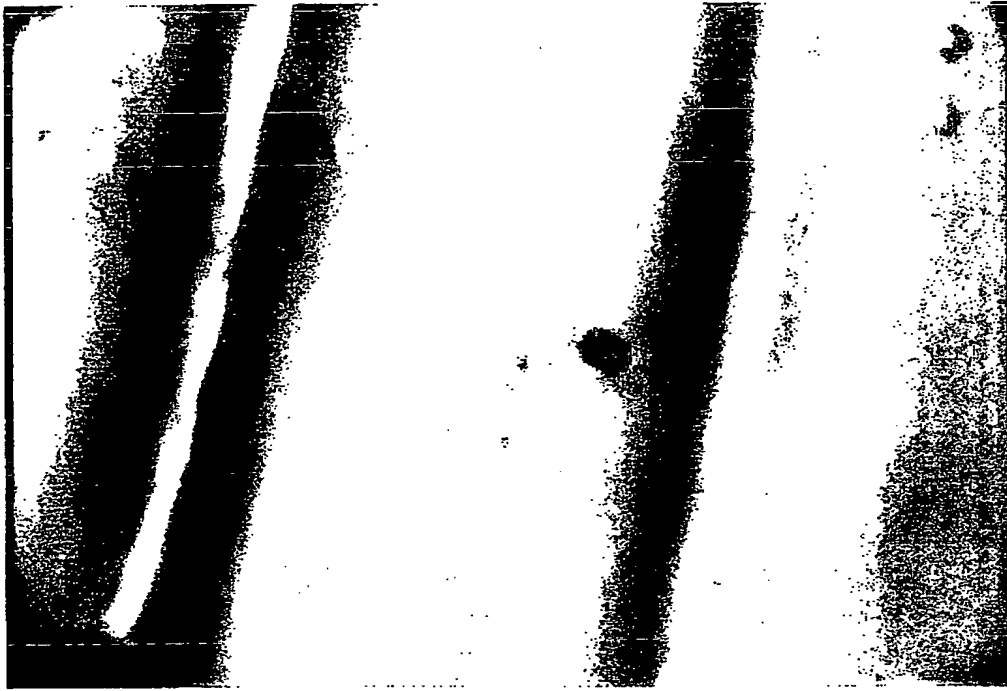
【図5a】



【図5b】



【図5c】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

レーザー光の持つ高い加工特性、及び光ファイバーの特性を利用して、細胞を加工する方法を提供することである。

【解決手段】

本発明の細胞の加工方法は、細胞に光ファイバーを介してレーザー光を照射し、前記細胞の細胞壁及び/又は細胞膜あるいは細胞全体を、切断、除去又は開孔することを特徴とする。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-349532
受付番号	50101681795
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成 13 年 11 月 20 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	391016945
【住所又は居所】	大阪府吹田市山田丘 1 番 1 号
【氏名又は名称】	大阪大学長

【代理人】

申請人

【識別番号】	100072051
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関 3-2-4 霞山ビル 7 階
【氏名又は名称】	杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】	100059258
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関 3-2-4 霞山ビル 7 階
【氏名又は名称】	杉村 暁秀

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [391016945]

1. 変更年月日 1991年 1月31日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府吹田市山田丘1番1号  
氏 名 大阪大学長